

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-339819  
 (43)Date of publication of application : 22.12.1998

(51)Int.Cl. G02B 6/00  
 G02B 6/00  
 H01S 3/10

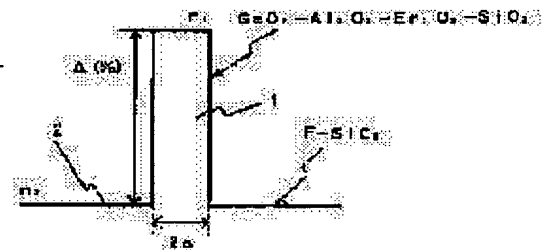
(21)Application number : 09-148333 (71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE  
 (22)Date of filing : 05.06.1997 (72)Inventor : AISO KEIICHI

## (54) OPTICAL FIBER FOR OPTICAL AMPLIFICATION

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain the optical fiber for optical amplification which is suitable for high-speed large-voltage transmission by putting the wavelength at which the dispersion value of the optical fiber for optical amplification is zero in the amplified wavelength range of the optical fiber for optical amplification and then suppressing waveform deterioration of signal light due to wavelength dispersion of the optical fiber for optical amplification.

**SOLUTION:** The wavelength at which the dispersion value of the optical fiber for optical amplification is included in the amplified wavelength range of the optical fiber for optical amplification. This optical fiber for optical amplification has a low-refractive-index clad 2 arranged around a high-refractive-index core 1 and the refractive index distribution is a single-peak type. the core 1 is formed by adding germanium to quartz glass (pure silica) and the clad 2 is formed by adding fluorine to quartz glass. The difference in specific refractive index between the core 1 and clad 2 is set to 0.4 to 1.9% and the core diameter  $2a$  is set to 4.1 to 5.0  $\mu\text{m}$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-339819

(43) 公開日 平成10年(1998)12月22日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
G 0 2 B 6/00	3 7 6	G 0 2 B 6/00 3 7 6 A
	3 0 1	3 0 1
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10 Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-148333

(22) 出願日 平成9年(1997)6月5日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 相曾 景一

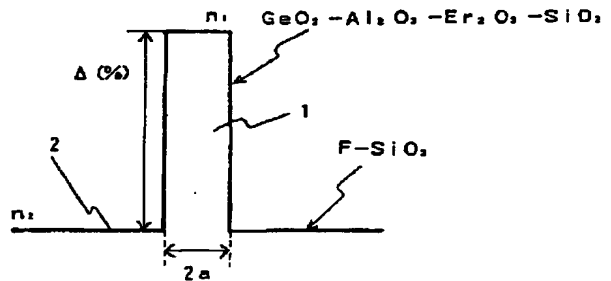
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 光増幅用光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 光通信網の発達に際し、光通信システムに用いる光増幅用光ファイバの波長分散を制御して、光増幅用光ファイバによる波形劣化を抑制することが望まれていた。

【解決手段】 屈折率の高いコア1の周りを囲んでコア1よりも屈折率の低いクラッド2が配されていて、前記コア1と前記クラッド2の屈折率差 $\Delta$ を0.4%以上1.9%以下、前記コアのコア径 $2a$ を4.2 $\mu$ m以上5.0 $\mu$ m以下としたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも光増幅用の活性物質を添加した石英ガラス系コアと該コアの外側の石英ガラス系クラッドにより構成される光増幅用光ファイバにおいて、前記光増幅用光ファイバの分散値が零になる波長は前記光増幅用光ファイバの増幅波長域に含まれることを特徴とする光増幅用光ファイバ。

【請求項2】 前記コアと前記クラッドの比屈折率差 $\Delta$ は0.4%以上1.9%以下であり、前記コアのコア径 $2a$ は $4.2\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の光増幅用光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システム等の分野において用いられる光増幅用光ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光増幅用の活性物質、例えば希土類元素をコアに添加した光増幅用光ファイバの開発により、光信号を電気信号に変えることなく増幅することが可能となった。通常的光通信システムの光増幅器に用いられる光増幅用光ファイバは長さ数m～数百m程度で使用されており、光伝送路として用いられる光ファイバに比べると使用長さは比較的短い。したがって、従来の光通信システムにおいては、光増幅用光ファイバの波長分散が信号光の波形劣化に与える影響は無視できる程度であると考えられてきた。そのため、光増幅用光ファイバにおいては、波長分散特性には特別な注意が払われず、増幅特性の向上のみに主眼を置いたプロファイル設計がなされてきた。

【0003】一般に増幅特性を向上させるには、コアとクラッドの比屈折率差 $\Delta$ を大きくすることとコアを細径化することが有効だと考えられている。これは、コアとクラッドの比屈折率差 $\Delta$ を大きくすることにより光の閉じ込め効果を大きくして光増幅用光ファイバ内の励起光密度（励起光強度）を高め、コアを細径化させて、励起光密度の高い部分に光増幅用の活性物質を大量に存在させることにより光増幅用の活性物質添加量域全体にわたって良好な反転分布を形成させて、増幅特性（増幅効率）を向上させることに起因している。

【0004】このような増幅特性向上の観点から設計された光増幅用光ファイバのプロファイルの一例として単峰型（ステップ型、マッチド型ということもある）と呼ばれるものがある。一般的に、光増幅用光ファイバは、ゲルマニウムを高添加した石英ガラス（純シリカ）系のコアとフッ素を高添加した石英ガラス系クラッドにより形成されている。コアとクラッドの比屈折率差 $\Delta$ は2.0%程度である。前記光増幅用光ファイバのコア径は $2.7\mu\text{m}$ 、ファイバ外径は $125\mu\text{m}$ である。また、コアには光増幅用の活性物質の一つであるエルビウム及

び増幅利得の波長依存性を平坦化するためのアルミニウムが添加されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年の光通信網の発達により光ファイバ伝送路における高速大容量化技術が進展しつつある。それに伴い、波長分散による信号光の波形劣化が大きな問題となってきており、従来よりも精密に光ファイバ伝送路全体における波長分散を制御する必要がある。この問題を解決するためには、従来無視できると考えられてきた光通信システムにおける波形劣化、すなわち光増幅用光ファイバによる波形劣化も制御する必要がある。したがって、従来のように増幅特性向上のみを目的とするのではなく、同時に波長分散を制御して波形劣化を生じさせないことをも目的とした光増幅用光ファイバの開発が望まれている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本願発明の目的は、以上のような問題点に鑑み、光増幅用光ファイバの分散特性を制御することにより、光増幅用光ファイバの波長分散による信号光の波形劣化を抑制して、高速大容量伝送の実現を達成することにある。

【0007】本願第一の発明に関わる光増幅用光ファイバは、少なくとも光増幅用の活性物質を添加した石英ガラス系コアと該コアの外側の石英ガラス系クラッドにより構成され、前記光増幅用光ファイバの分散値が零になる波長（零分散波長という）は前記光増幅用光ファイバの増幅波長域に含まれる、すなわち零分散波長と増幅波長域が略一致することを特徴とする。

【0008】本願第二の発明に関わる光増幅用光ファイバは、少なくとも光増幅用の活性物質を添加した石英ガラス系コアと該コアの外側の石英ガラス系クラッドにより構成され、前記光増幅用光ファイバの分散値が零になる波長（零分散波長という）が前記光増幅用光ファイバの増幅波長域に含まれており、前記コアと前記クラッドの比屈折率差 $\Delta$ は0.4%以上1.9%以下、前記コアのコア径 $2a$ は $4.2\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0009】本願発明によれば、光増幅用光ファイバの零分散波長が該光増幅用光ファイバの増幅波長域に含まれることによって、増幅波長域では波長分散を伝送特性上殆ど問題がない程度まで小さくなるように制御することができるので、光増幅用光ファイバを用いた光通信システムにおいて光増幅用光ファイバの波長分散による信号光の波形劣化が抑制され、光ファイバ伝送によって高速大容量伝送の実現を達成することができる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下に、本願発明の実施形態例を図面に基づき説明する。図1には、本願発明に係る増幅用光ファイバの一実施形態例の屈折率分布のプロファイルが示されている。光増幅用光ファイバの屈折率分布の

プロファイルとしては、図3の(a)に示すようなW型のものや、同図(b)に示すようなセグメントコア型のものや、あるいは同図の(c)に示すような2重コア型のものなど様々な形態を取ることが可能であるが、本実施形態例では構造が単純で、屈折率構造の設計、制御がし易い図1に示すような単峰型(ステップ型、マッチド

$$\Delta = \{ (n_1^2 - n_2^2) / 2 n_1^2 \} \times 100 \quad \dots (1)$$

【0012】図1の単峰型プロファイルの光増幅用光ファイバの屈折率構造は、屈折率の高いコア1の周りを囲んでコア1よりも屈折率の低いクラッド2が配されている、屈折率分布が単峰型を呈している。該コア1は石英ガラス(純シリカ、SiO<sub>2</sub>)にゲルマニウム(GeO<sub>2</sub>)を添加することにより形成されており、クラッド2は石英ガラス(SiO<sub>2</sub>)にフッ素(F)を添加することにより形成されている。

【0013】前記光増幅用光ファイバのコア1には光増幅用の活性物質としてエルビウム(Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が添加され、増幅利得の波長依存性を平坦化するためのアルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が添加されている。これらの物質の添加量は光増幅用光ファイバの屈折率分布には影響を与えない程度の量である。また、光増幅用光ファイバのファイバ外径は他の光伝送路を構成する光ファイバとの接続などの観点から125μmである。

【0014】本実施形態例においては、光増幅用光ファイバを従来は考慮されていなかった波長分散特性を抑制する構成とすることにより、コア1とクラッド2の比屈折率差Δを0.4%以上1.9%以下に設定し、さらにコア径2aを4.2μm以上5.0μm以下に設定している。波長分散は、光ファイバを構成する材料に固有な(コア及びクラッドを構成する物質により決定される)材料分散と光ファイバの導波路構造に固有な(すなわちコア径及びコアとクラッドの比屈折率差により決定される)構造分散との和である。したがって、発明者は構造分散のパラメータを調整して、増幅波長域における材料分散(波長分散を正の分散とすると正の分散となる)を構造分散(波長分散を正の分散とすると負の分散となる)で打ち消すことによって波形劣化を生じさせない光増幅用光ファイバを実現し、光ファイバ伝送における高

型ともいう)の屈折率分布のプロファイルを採用している。

【0011】図1に示す屈折率構造において、コア1の屈折率をn<sub>1</sub>、クラッド2の屈折率をn<sub>2</sub>としたとき、コア1とクラッド2の比屈折率差Δは、次の(1)式により定義している。

速大容量伝送を達成した。

【0015】なお、光増幅を活性化する物質であるエルビウムは希土類元素の一つであり、波長1.45~1.65μmの光を増幅させることが知られている。したがって、本実施形態例における光増幅用光ファイバの増幅波長域は1.45~1.65μmであるから、光増幅用光ファイバの零分散波長を1.45~1.65μmに存在させるための条件を検討した。

【0016】

【実施例】実験例として、上述したような光増幅用光ファイバにおいて、構造分散を構造パラメータであるコア径2a及びコアとクラッドの比屈折率差Δを適宜変化させた光増幅用光ファイバを作成した。構造パラメータの変更は材料分散には殆ど影響を与えず、構造分散へ大きな影響を与えることに注目したものである。

【0017】作成した光増幅用光ファイバについての零分散波長、増幅波長域中の波長1.55μmでの分散値、遮断波長(カットオフ波長)を測定した結果を表1にまとめた。ここで、1.55μmでの分散値を測定したのは、本実施形態例の光増幅用光ファイバを用いる光通信システムでは波長1.55μmの光を伝送することが想定されるためである。なお、サンプルNo.1~6には比屈折率差を一定にしてコア径を変化させた場合の結果を、サンプルNo.7~12にはコア径を一定にして比屈折率差Δを変化させた場合の結果を記載した。サンプル3とサンプル9は同じ構造パラメータを有する光増幅用光ファイバであるが、変化が分かるよう敢えて記載した。

【0018】

【表1】

サンプル 番号	比屈折率差 $\Delta$ (%)	コア径 ( $\mu\text{m}$ )	零分散波長 ( $\mu\text{m}$ )	分散値 (ps/nm/km)	遮断波長 ( $\mu\text{m}$ )
1	1.2	4.0	1.73	-6.90	1.17
2	1.2	4.2	1.64	-3.80	1.23
3	1.2	4.4	1.54	0.40	1.26
4	1.2	4.8	1.47	3.60	1.40
5	1.2	5.0	1.45	5.40	1.46
6	1.2	5.1	1.43	6.30	1.49
7	0.2	4.4	1.36	17.30	0.52
8	0.4	4.4	1.51	3.50	0.73
9	1.2	4.4	1.54	0.40	1.26
10	1.6	4.4	1.52	1.23	1.49
11	1.9	4.4	1.48	2.74	1.62
12	2.2	4.4	1.44	4.00	1.76

【0019】表1から明らかとなり、光増幅用光ファイバの比屈折率差 $\Delta$ が0.4%以上1.9%以下であり、かつ前記コア径 $2a$ が $4.2\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下である場合（サンプルNo. 2～5及びサンプルNo. 8～11）には、光増幅用光ファイバの零分散波長は増幅波長域である $1.45\sim 1.65\mu\text{m}$ に存在し、よって波長 $1.55\mu\text{m}$ における分散値も実質的に影響の無い $\pm 5.5\text{ps/nm/km}$ 以下にまで抑制されている。また、上記光増幅用光ファイバの遮断波長はいずれも増幅波長域よりも大きい波長領域、すなわち $1.65\mu\text{m}$ より大きい波長領域には存在しないのでシングルモード動作を補償することができる。

【0020】サンプル3（9）の波長分散特性を図2に示す。図2より明らかのように、サンプル3（9）の光増幅用光ファイバでは、エルビウム吸収領域（波長 $1.53\mu\text{m}$ ）における分散の変化もなく、増幅波長域（ $1.45\sim 1.65\mu\text{m}$ ）における波長分散特性は良好であった。

【0021】さらにサンプル3（9）の光増幅用光ファイバを用いて光システムの一つである光増幅器を構成して、増幅特性の評価を行った。増幅特性の一例として光出力の波長依存性を測定したところ、波長依存性はほと

んど見受けられず、従来の増幅特性を主眼においた光増幅用光ファイバに比べて遜色がなかった。また、本実施形態例の光増幅用光ファイバ単体における励起光から信号光への変換効率も85%という高率であり、実用に供するのにならぬ問題を生じない。

#### 【0022】

【発明の効果】本願発明によれば、前記光増幅用光ファイバの分散値が零になる波長が前記光増幅用光ファイバの増幅波長域に含まれることにより、光増幅用光ファイバにおける波形劣化を抑制することができ、よって高速大容量伝送に適した光増幅用光ファイバを実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の一実施の形態を示す光増幅用光ファイバの屈折率分布を示す概略図である。

【図2】本願発明の一実施の形態を示す光増幅用光ファイバの波長分散特性を示す概略図である。

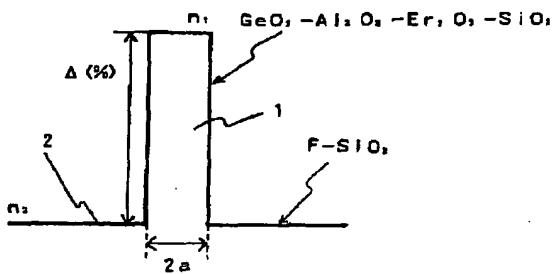
【図3】光増幅用光ファイバの他の屈折率分布のプロファイル例を示す説明図であり、(a)はW型のプロファイル、(b)はセグメントコア型プロファイル、(c)は2重コア型プロファイルである。

#### 【符号の説明】

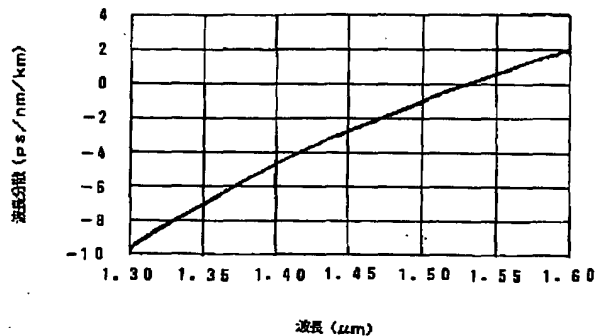
1 コア

2 クラッド

【図1】



【図2】



【図3】

